

AI



10/582, 840

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 100 37 837 A 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 01 D 9/04
F 02 C 7/20
F 04 D 29/54

②1 Aktenzeichen: 100 37 837.4
②2 Anmeldetag: 3. 8. 2000
④3 Offenlegungstag: 28. 3. 2002

DE 100 37 837 A 1

⑦1 Anmelder:
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

⑦2 Erfinder:
Hain, Klemens, Dr., 85259 Wiedenzhausen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 198 07 247 C2
DE 40 37 410 A1
US 29 38 336 A1

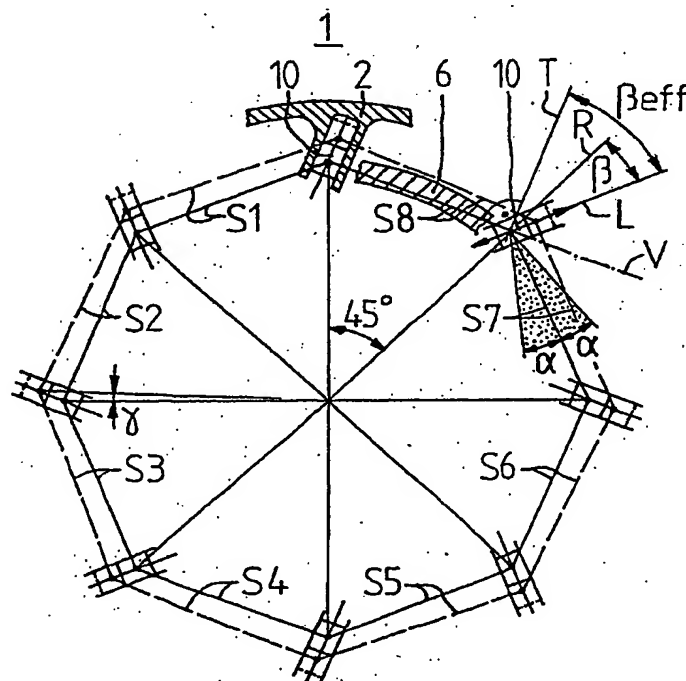
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Aufhängung

⑤7 Aufhängung einer ringförmigen Sekundärstruktur an einer Primärstruktur in Form einer Speichenzentrierung mit wenigstens drei gleichmäßig über den Strukturumfang verteilten Gleitführungen, wovon jede zumindest eine lineare Relativbewegung der Strukturen quer zu deren Axialrichtung zulässt.

Die lineare Bewegungsrichtung jeder Gleitführung verläuft zur strukturbezogenen Radialrichtung am Ort der Gleitführung unter einem Winkel mit radialer und tangentialer Richtungskomponente.



DE 100 37 837 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft die Aufhängung einer ringförmigen Sekundärstruktur an einer Primärstruktur, insbesondere einer heißgasbeaufschlagten Statorstruktur an einer Gehäusestruktur einer Gasturbine, in Form einer sogenannten Speichenzentrierung, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Speichenzentrierungen werden verwendet, um ringförmige Sekundärstrukturen zentrisch an zumeist ebenfalls ring- bzw. rohrförmigen Primärstrukturen aufzuhängen. Dabei sollen radiale Relativbewegungen der Strukturen zueinander weitgehend ohne Zwangskräfte und Deformationen möglich sein, unter Beibehaltung der Konzentrizität. Das Prinzip bietet sich insbesondere dann an, wenn stark unterschiedliche, thermische Dehnungen zweier konzentrischer Strukturen zu kompensieren sind. Falls die Sekundärstruktur relativ elastisch, d. h. wenig formstabil ist, sollte diese möglichst über die Aufhängung stabilisiert und versteift werden.

[0003] Aus der DE 198 07 247 C2 ist eine Strömungsmaschine mit Rotor und Stator bekannt, die wenigstens einen speziell ausgeführten Leitschaufelkranz aufweist. Letzterer ist als selbsttragendes Bauteil mit einer Verstärkung am inneren Deckband und mit einem segmentierten, äußeren Deckband ausgeführt. Der Leitschaufelkranz ist über eine Speichenzentrierung mit mindestens drei "Speichen" im Gehäuse der Strömungsmaschine positioniert. Die Gleitführungen der Speichenzentrierung weisen Lagerzapfen in Lagerbuchsen auf, wobei die lineare Bewegungsrichtung in jeder Gleitführung radial verläuft, bezogen auf Leitschaufelkranz und Gehäuse.

[0004] Es ist ebenso üblich, die Gleitführungen mit in geraden Nuten laufenden Gleitsteinen zu realisieren, wobei die Bewegungsrichtung, wie gewohnt, radial bezüglich der gekoppelten Strukturen verläuft. Die Erfahrung zeigt, dass an den Gleitelementen konventioneller Speichenzentrierungen oft starker Verschleiß auftritt. Teilweise wurden bleibende Verformungen der dünnwandigen Sekundärstrukturen festgestellt. Beide Schadensformen deuten darauf hin, dass in den Führungen offensichtlich größere Kräfte entstehen, als sie bei ideal rotationssymmetrischen Verhältnissen auftreten dürften. Die Ursache sind wahrscheinlich nicht-rotationssymmetrische Dehnungszustände der Strukturen, welche in Gasturbinen insbesondere durch nicht-homogene Gastemperaturverteilungen hervorgerufen werden können. Besonders bei im Durchmesser großen Strukturen mit einer Vielzahl von Gleitführungen, d. h. von "Speichen", steigt die Gefahr des Auftretens hoher Zwangskräfte. Geometrisch bedingt ändert sich die Orientierung der Bewegungsrichtung von Führung zu Führung nur wenig, so dass bei einer Dehnung des dazwischenliegenden Sekundärstrukturbereichs in beiden Führungen durch Unterschreiten des Reibungswinkels ein Klemmen auftreten kann, wodurch eine freie Strukturdehnung unmöglich wird. Ein weiterer Nachteil der konventionellen, radialen Speichenzentrierungen liegt darin, dass diese "weiche" Sekundärstrukturen nur dann versteifen, wenn die Anzahl der Gleitführungen ("Speichen") ungeradzahlig ist.

[0005] Angesichts dieser Nachteile bekannter Speichenzentrierungen besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Aufhängung für eine ringförmige Sekundärstruktur an einer Primärstruktur nach Art einer Speichenzentrierung mit mindestens drei unterschiedlich orientierten Gleitführungen zu finden, die Zwangskräfte und -deformationen sowie Verschleiß verhindert bzw. weitgehend reduziert und die eine Versteifung nachgiebiger Sekundärstrukturen unabhängig davon ermöglicht, ob die Anzahl der Gleitführungen gerade

oder ungerade ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

[0007] Erfindungsgemäß ist die lineare Bewegungsrichtung jeder Gleitführung um einen Winkel β zur Radialrichtung der Strukturen schräggestellt, so dass die Relativbewegung eine radiale und eine tangentielle Komponente erhält. Dadurch wird ein Führungsklemmen mit all seinen Nachteilen mit hoher Sicherheit vermieden. Dies gilt für homogene und nicht-homogene Maßänderungen der Sekundärstruktur. Bei homogener, rotationssymmetrischer Dehnung oder Kontraktion der Sekundärstruktur führt diese kinematisch bedingt auch eine kleine Relativdrehung zur Primärstruktur aus, was in den allermeisten Fällen tolerierbar ist. Bei nicht-homogener, örtlich unterschiedlicher Dehnung bzw. Kontraktion der Sekundärstruktur wird diese abweichend von der Kreisringgestalt in gewissem Maß elastisch verformt. Die daraus resultierenden Gleitführungskräfte sind aber wesentlich kleiner als bei Klemmung einer konventionellen, radialen Speichenzentrierung. Ebenso werden sich die Formabweichungen in tolerablen Grenzen halten. Die formstabilitätserhöhende Wirkung der Erfindung kann dazu führen, dass die Sekundärstruktur elastischer und leichter ausgeführt werden kann, als bei einer üblichen Speichenzentrierung.

[0008] In den Unteransprüchen sind bevorzugte Ausgestaltungen der Aufhängung nach dem Hauptanspruch gekennzeichnet.

[0009] Die Erfindung wird anschließend anhand der Figuren noch näher erläutert. Dabei zeigen in vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

[0010] Fig. 1 eine Querschnitt durch eine Aufhängung mit 8 Gleitführungen unter Wiedergabe zweier verschiedener, rotationssymmetrischer Dehnungszustände der Sekundärstruktur,

[0011] Fig. 2 einen Teilquerschnitt durch die Aufhängung gemäß Fig. 1 mit einem asymmetrischen Dehnungszustand der Sekundärstruktur,

[0012] Fig. 3 eine Gleitführung mit starrem Gleitstein und Nut,

[0013] Fig. 4 eine Gleitführung mit schwenkbarem Gleitstein und Nut und

[0014] Fig. 5 eine Gleitführung mit Zapfen und Buchse.

[0015] Die Darstellungen gemäß Fig. 1 und 2 sind weitestgehend schematisch ausgeführt, um die Erfindung möglichst einfach und verständlich wiederzugeben. Die Aufhängung 1 in Form einer sogenannten Speichenzentrierung umfasst acht gleichmäßig über den Umfang verteilte Gleitführungen 10, deren Winkelabstand somit jeweils 45° beträgt. Die mittels der Aufhängung 1 gekoppelten Strukturen, Primärstruktur 2 und Sekundärstruktur 6, sind konkret nur als schraffierte Bruchstücke im oberen Bereich von Fig. 1 angedeutet. Anstelle der realen, ringförmigen Sekundärstruktur 6 wird hier ein geschlossenes Polygon mit starren Sehnen S1 bis S8 und mit Gelenken zwischen den Sehnen in den Gleitführungen 10 betrachtet. Die acht von der Strukturmitte ausgehenden, um jeweils 45° versetzten, radialen Geraden zeigen nur die strukturbezogene Radialrichtung R zu den bzw. in den Sehnengelenken an und sind nicht als Strukturelemente zu verstehen. Die Gleitführung 10 auf der Winkelhalbierenden (45°) des rechten, oberen Quadranten zeigt, dass die lineare Bewegungsrichtung L der Gleitführung 10 um einen Winkel β von der Radialrichtung R abweicht und somit de facto eine radiale und eine tangentielle Bewegungskomponente aufweist. Der Winkel β ist bevorzugt größer gewählt, als der in der Gleitführung 10 maximal zu erwartende Reibungswinkel α , so dass mit hoher Sicherheit kein

Kleminen der Gleitpaarung zu befürchten ist. Bei der vorliegenden, gedanklich vereinfachten Aufhängung 1 mit gelenkigem Sehnenpolygon, deren Gleitführungen 10 um einen Winkel β im Uhrzeigersinn zur Radialrichtung R schräggestellt sind, führt die Längenänderung (Dehnung, Kontraktion) einer Sehne zu einer Gleitbewegung in der Gleitführung an dem im Uhrzeigersinn vorne liegenden Sehnenende, da je Sehne jeweils nur eine Gleitführung um deutlich mehr als den Reibungswinkel zur Sehnenquerrichtung schräggestellt ist, wohingegen die andere Gleitführung etwa quer zur Sehne steht.

[0016] Zum besseren Verständnis dieser Kinematik ist die Gleitführung 10 rechts oben in Fig. 1 mit zusätzlichen Angaben versehen. Neben der strukturbezogenen Radialrichtung R am Ort der Gleitführung, der linearen Bewegungsrichtung L der Gleitführung 10 und dem Winkel β zwischen R und L erkennt man strichpunktiert die gerade Verlängerung V der Sehne S8, die Querrichtung/Transversalrichtung T – im 90°-Winkel – zur Sehne S8 sowie den Winkel β_{eff} zwischen L und T. Des weiteren ist gepunktet der sogenannte Reibkegel der Gleitführung 10 angedeutet, dessen Spitzenwinkel doppelt so groß wie der Reibungswinkel α ist. Da die Bewegungsrichtung L hier senkrecht zur angrenzenden Sehne S7 verläuft, ist der Reibkegel spiegelsymmetrisch bezüglich S7. Da die Verlängerung V deutlich außerhalb des Reibkegels liegt, führt eine Längenänderungen von S8 zu einer definierten, klemmungsfreien Bewegung des "Gelenks" zwischen S8 und S7 in L-Richtung. Somit würde es theoretisch genügen, den Winkel β_{eff} größer als α zu wählen. Da eine reale, homogene Sekundärstruktur sich anders verhält, als das einfache, gelenkige Sehnenpolygon, sollte sicherheitshalber bereits der Winkel β größer als α sein.

[0017] Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle kurz auf Begriffe wie Reibungszahl und Reibungswinkel eingegangen werden. Der Zusammenhang zwischen der Reibungszahl f und dem Reibungswinkel α ist wie folgt:

$$f = \tan \alpha.$$

[0018] Somit ist α die Umkehrfunktion des Tangens von f:

$$\alpha = \text{inv tan } f.$$

[0019] Aus technischen Lexika sind folgende Werte für f zu entnehmen:

Festkörperreibung	f
Metal/Metall	0,3 ÷ 1,5
Keramik/Keramik	0,2 ÷ 1,5
Kunststoff/Metall	0,2 ÷ 1,5
Grenzreibung	0,1 ÷ 0,2
Mischreibung	0,01 ÷ 0,1
Flüssigkeitsreibung	≈ 0,01

[0020] Bei Vorgabe konkreter Reibungszahlen ergeben sich folgende Reibungswinkel:

f	α
0,2	11,3°
0,3	16,7°
0,5	26,6°
1,0	45,0°

[0021] Im Falle der dargestellten Aufhängung 1 mit 8 "Speichen" beträgt der Winkel β 22,5°. Diese Schrägstel-

lung wäre voraussichtlich ausreichend für eine maximale Reibungszahl $f < 0,4$. Bei höherer Reibung müsste die Schrägstellung β zur Radialen entsprechend vergrößert werden.

[0022] In Fig. 1 sind die Sehnen S1 bis S8 jeweils zweifach dargestellt, nämlich als durchgezogene und als gestrichelte Geraden. Das durchgezogene Sehnenpolygon steht für einen "kalten", kontrahierten Zustand der Sekundärstruktur 6. Das gestrichelte, größere Sehnenpolygon steht für einen "heißen", gleichmäßig gedehnten Zustand der Sekundärstruktur 6. Die Primärstruktur 2 soll dabei – der Einfachheit halber – geometrisch unverändert bleiben, so dass der primärstrukturzugehörige Teil der Gleitführungen 10 sich nicht bewegt. Bei gleicher Dehnung – oder Kontraktion – aller Sehnen bleiben die Gelenkwinkel des Sehnenpolygons ersichtlich unverändert. Für die reale Sekundärstruktur 6 bedeutet dies, dass sich zwar ihr Durchmesser, aber nicht ihre Form (Kreisring) ändert, wobei auch die konzentrische Lage zur Primärstruktur 2 bleibt. Es ist auch zu erkennen, dass das Sehnenpolygon – und damit die Sekundärstruktur – beim Übergang von der durchgezogenen zur gestrichelten Position eine kleine Drehbewegung um einen Winkel γ im Uhrzeigersinn ausführt, und zwar infolge des Winkels β der Gleitführungen 10. Bei praktischen Anwendungen ist diese erfindungsbedingte, geringe Verdrehung für die Strukturfunktion in der Regel ohne Belang.

[0023] Im Unterschied zu Fig. 1 zeigt Fig. 2 eine asymmetrische Dehnung des Sehnenpolygons. In der Praxis von Turbomaschinen können Betriebszustände mit stark asymmetrischer Temperaturverteilung über den Strömungsquerschnitt auftreten. So soll gemäß Fig. 2 im wesentlichen nur die Sehne S1 thermisch gedehnt werden. Dabei macht die Gleitführung 10 im "Gelenk" zwischen S1 und S8 eine Ausweichbewegung im Winkel β schräg nach oben rechts. Die Sehne S8 wird dabei um ihr rechtes "Gelenk" zur Sehne S7 mitgeschwenkt, in ihrer Länge aber praktisch nicht verändert. Die durch die Gleitführungen 10 vorgegebene Kinematik führt dazu, dass eine Bewegung in der Gleitführung 10 zwischen S1 und S8 nach oben rechts bei gleichbleibender Sehnenlänge von S8 nur eine vernachlässigbar kleine Bewegung in der Gleitführung zwischen S8 und S7 – nach links unten – zur Folge hat, welche in Fig. 2 praktisch nicht darstellbar ist. Somit macht die Sehne S8 de facto nur eine Schwenkbewegung um ihr "Gelenk" zu S7, die Sehne S7 bleibt in ihrer Lage, ebenso wie die Sehne S2. Man erkennt aber, dass sich die "Gelenkwinkel" zwischen den Sehnen S2/S1, S1/S8 und S8/S7 ändern. Für die reale Sekundärstruktur 6 bedeutet dies, dass sie asymmetrisch verformt wird und nicht mehr exakt kreisrund ist. Die tatsächlichen Maß- und Formänderungen sind dabei aber in der Regel so klein, dass ihre Auswirkungen auf die Funktion und die mechanische Belastung vernachlässigt werden können. Die ohne die vorliegende Erfindung auftretenden Zwangskräfte und -verformungen wären in aller Regel schädlicher.

[0024] Die Fig. 3 bis 5 zeigen konkrete Ausführungsbeispiele von Gleitführungen 11 bis 13 mit erfindungsgemäßer Schrägstellung β .

[0025] Fig. 3 zeigt eine Gleitführung 11 mit einem Gleitstein 14 in einer Nut 17. Die Nut 17 ist in die Primärstruktur 3 integriert; der Gleitstein 14 ist fest mit der Sekundärstruktur 7 verbunden bzw. aus dieser herausgearbeitet. Der Gleitstein 14 ist bewusst mit gerundeten Ecken und mit Gleitflächenspiel in der Nut 17 dargestellt. Im Betrieb, z. B. bei asymmetrischer Strukturverformung, kann es zu kleinen Kippbewegungen des Gleitsteins 14 in der Nut 17 kommen, wobei Spiel und Eckenrundung übermäßige Reibung, Verschleiß und Klemmung verhindern sollen.

[0026] Fig. 4 zeigt ebenfalls eine Gleitführung 12 mit ei-

ner in die Primärstruktur 4 integrierten Nut 18 und mit einem Gleitstein 15, wobei letzterer aber – im Unterschied zu Fig. 3 – um eine Achse 16 schwenkbar ist, die fest mit der Sekundärstruktur 8 verbunden ist. Dadurch sind kleine Relativverdrehungen der Strukturen 4, 8 problemlos möglich. Die Passung des Gleitsteins 15 in der Nut 18 kann präzise und weitgehend spielfrei ausgeführt werden.

[0027] Fig. 5 schließlich zeigt eine Gleitführung 13 mit einem Zapfen 19 in einer Buchse 21. Der Zapfen 19 ist hier fest mit der Primärstruktur 5 verbunden; die kreiszylindrische Buchse 21 ist in eine Verdickung der Sekundärstruktur 9 integriert. Die Mantelfläche 20 des Zapfens 19 ist ballig sowie rotationssymmetrisch geformt, um Kantentragen bzw. Klemmen bei Strukturdrehung zu vermeiden. Die ballige Form kann im Extremfall einer Kugelform entsprechen.

Patentansprüche

1. Aufhängung einer ringförmigen Sekundärstruktur an einer Primärstruktur, insbesondere einer heißgasbeaufschlagten Statorstruktur an einer Gehäusestruktur einer Gasturbine, in Form einer sogenannten Speichenzentrierung mit wenigstens drei, in gleichen Winkelabständen über den Strukturumfang verteilten Gleitführungen, von denen jede zumindest eine lineare Relativbewegung zwischen Primär- und Sekundärstruktur quer zu deren Axialrichtung zulässt, wobei die lineare Bewegungsrichtung sich von einer Gleitführung zur nächsten um einen Winkel ändert, der dem Winkelabstand der Gleitführungen entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die lineare Bewegungsrichtung (L) jeder Gleitführung (10 bis 13) zur strukturbezogenen Radialrichtung (R) am Ort der Gleitführung unter einem Winkel (β) mit radialer und tangentialer Richtungskomponente verläuft.
2. Aufhängung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel (β) in Abhängigkeit von dem in jeder Gleitführung (10 bis 13) zu erwartenden, maximalen Reibungswinkel (α) definiert ist.
3. Aufhängung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede Gleitführung (10 bis 13) einen Gleitstein (14, 15) und eine Nut (17, 18) oder einen Zapfen (19) und eine Buchse (21) umfasst, wobei der Gleitstein (14, 15) oder der Zapfen (19) mit der einen, die Nut (17, 18) oder die Buchse (21) mit der jeweils anderen der beiden Strukturen (2 bis 5; 6 bis 9) verbunden ist.
4. Aufhängung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleitstein jeder Gleitführung konvex gekrümmte Gleitflächen aufweist, oder dass der Zapfen (19) jeder Gleitführung (13) eine ballige Mantelfläche (20) aufweist.
5. Aufhängung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleitstein (15) jeder Gleitführung (12) um eine in Axialrichtung der Primär- und Sekundärstruktur (4; 8) orientierte Achse (16) schwenkbar angeordnet ist.
6. Aufhängung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines der beiden, aufeinander gleitenden Elemente Gleitstein (14, 15), Nut (17, 18) oder Zapfen (19), Buchse (21) eine verschleißfeste, metallische und/oder keramische Gleitflächenbeschichtung aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

65

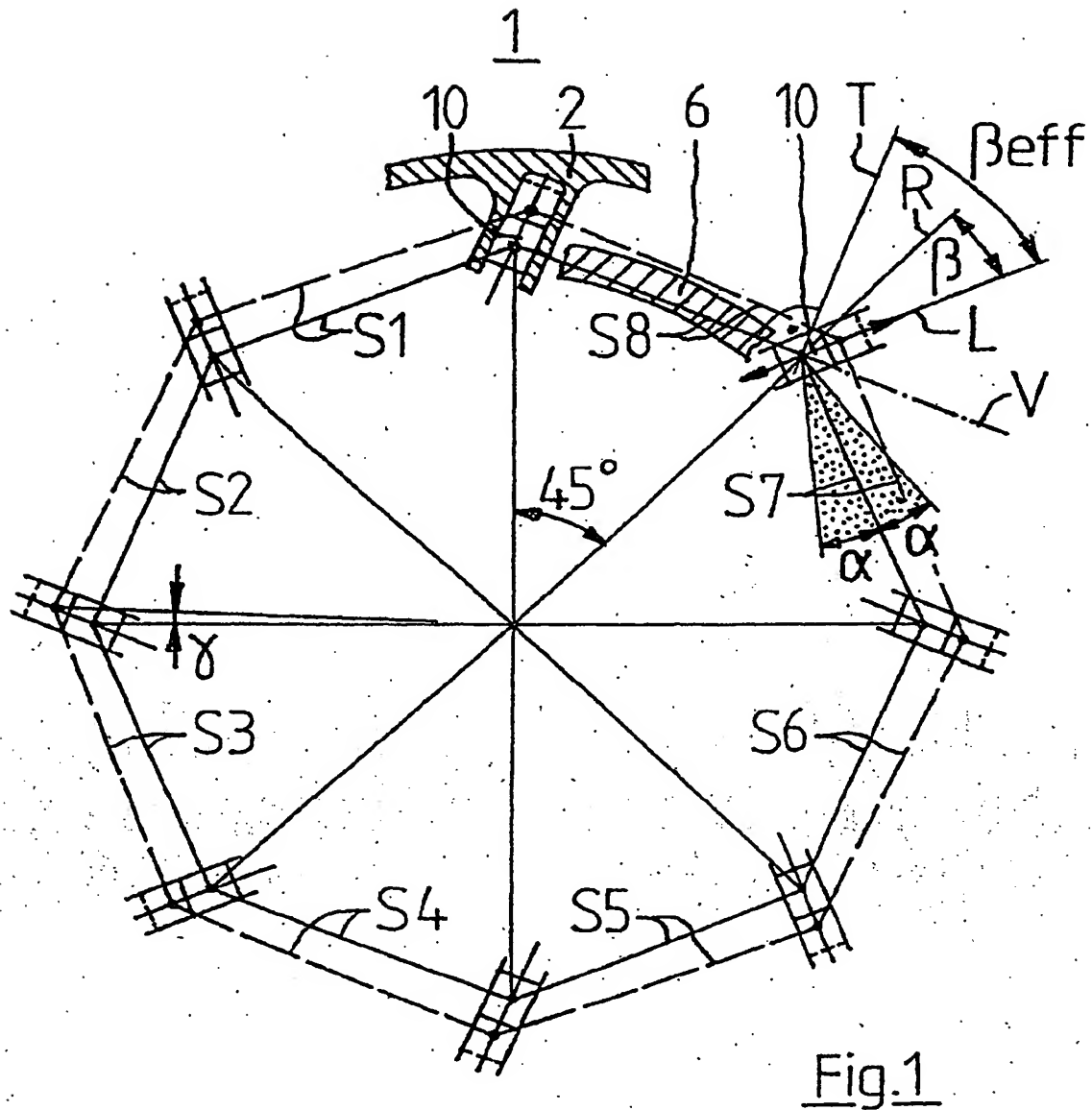


Fig.1

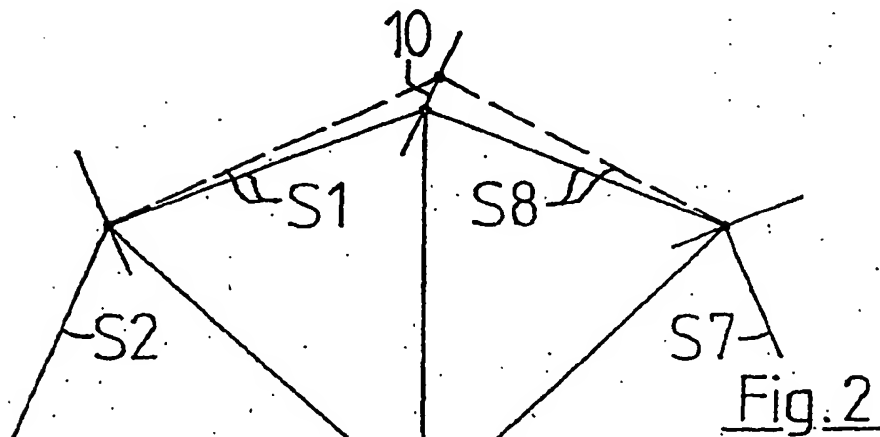


Fig.2

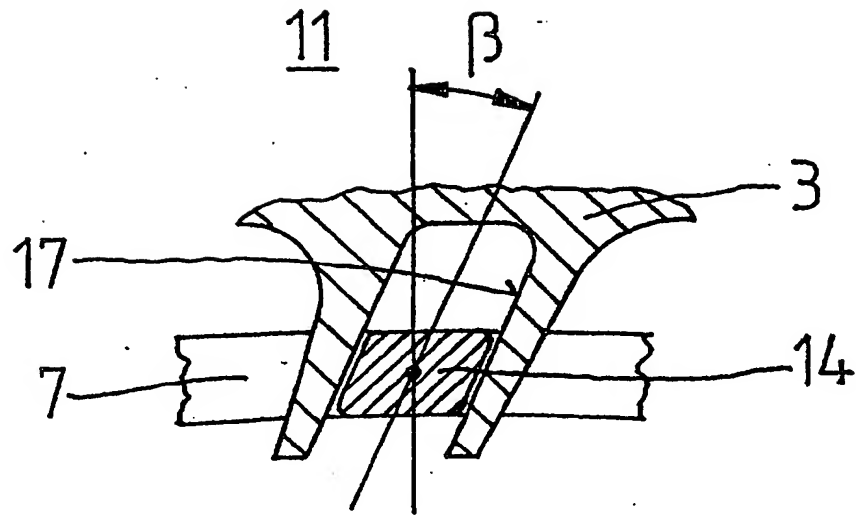


Fig. 3

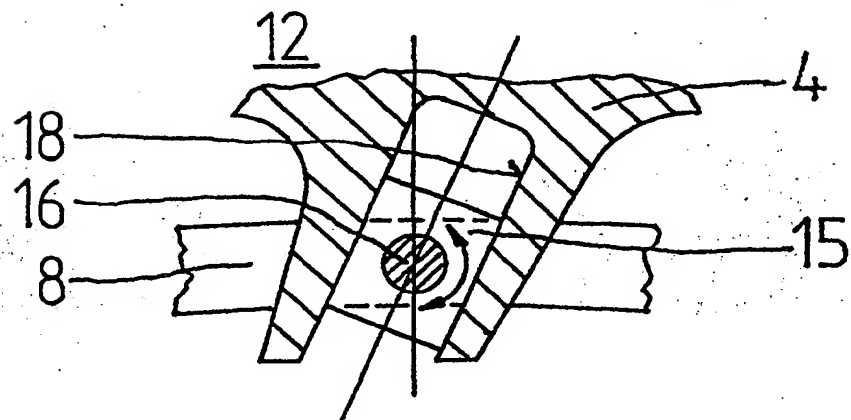


Fig. 4

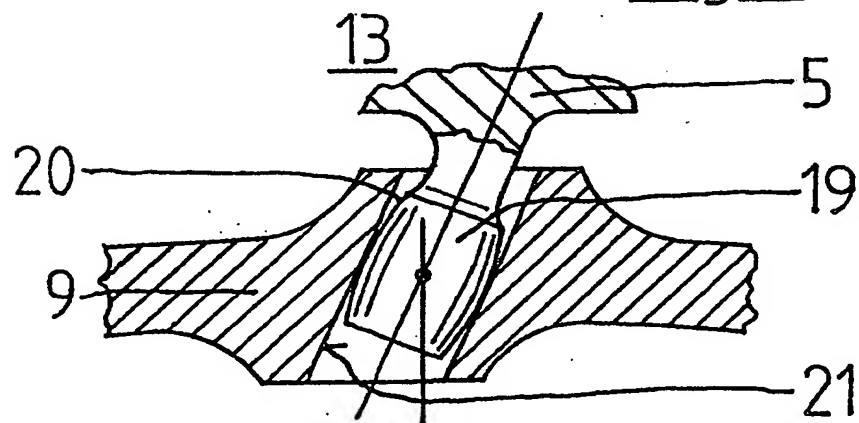


Fig. 5